



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Publication number: **0 422 870 B1**

(12)

EUROPEAN PATENT SPECIFICATION

(43) Date of publication of patent specification: 11.01.95 (61) Int. Cl.⁸: **B41J 2/205**

(21) Application number: **90311001.3**

(22) Date of filing: **08.10.90**

(54) **Method of multi-tone printing.**

(30) Priority: **10.10.89 GB 8922821**
23.01.90 GB 9001493

(42) Date of publication of application:
17.04.91 Bulletin 91/16

(49) Publication of the grant of the patent:
11.01.95 Bulletin 95/02

(64) Designated Contracting States:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

(56) References cited:
EP-A- 0 124 190
GB-A- 2 157 623
US-A- 4 513 289
US-A- 4 536 097

(73) Proprietor: **XAAR LIMITED**
Cambridge Science Park,
Milton Road
Cambridge CB4 4FD (GB)

(72) Inventor: **Paton, Anthony David**
The Thatched Cottage,
51 Mills Lane
Longstanton St. Michael,
Cambridge (GB)
Inventor: **Bartky, Walter Scott**
5445 N. Sheridan Road
Chicago,
Illinois 60640 (US)
Inventor: **Michaels, Alan John**
22 W. 420 McCarron Road
Glen Ellyn,
Illinois 60137 (US)

(74) Representative: **Coleman, Stanley et al**
MATHYS & SQUIRE
10 Fleet Street
London EC4Y 1AY (GB)

EP 0 422 870 B1

Note: Within nine months from the publication of the mention of the grant of the European patent, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to the European patent granted. Notice of opposition shall be filed in a written reasoned statement. It shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid (Art. 99(1) European patent convention).

Description

This invention relates to multi-tone printing employing drop-on-demand printing apparatus. More particularly the invention relates to such apparatus for printing droplets on printing element areas on a substrate which is movable relatively to said apparatus and comprises an array of parallel, uniformly spaced channels provided with respective droplet ejection nozzles, a liquid supply means common to said channels and electrically operated means for applying pulses of energy to droplet liquid in said channels to effect droplet ejection therefrom.

Aspects of such printing apparatus are described for example in US-A-4,584,580 and our EP-A-0-278-590 and EP-A-0 277 703 of which the contents of the latter are herein incorporated by reference.

The types of printing apparatus disclosed in the references quoted are of the kind in which energy pulses are imparted to droplet liquid by displacement of wall portions of the respective droplet liquid channels. It is known that the human eye can sense sixty-four gradations of greyscale in multi-tone printing. It is even suggested that as many as 128 gradations can be discriminated. Accordingly, it is one aim of high quality tone printing, including colour printing, to produce a printer capable of printing a number of greyscale tones as near as possible to the discriminating capability of the eye of the viewer.

In US-A-4,513,299 there is disclosed a single channel, drop-on-demand ink jet printing device in which droplets of ink having different droplet volumes can be deposited on a print medium at a droplet repetition rate just below the resonant frequency of the ink channel. The different droplet volumes are achieved by following a droplet ejection pulse with additional droplet ejection pulses of like magnitude to the initial droplet ejection pulse at a frequency at or near the channel resonant frequency. The additional droplet ejection pulses cause ejection from the ink channel of further drop volumes of substantially the same size as the drop volume emitted from the channel by the initial droplet ejection pulse. In the series of drop volumes thus emitted, the second and subsequent drop volumes are each connected to the preceding drop volume emitted and the drop volumes join together to form an enlarged droplet which is deposited on the print medium. However, in high density array drop-on-demand printers, i.e. arrays of at least two parallel channels per mm, the known method of droplet ejection severely limits, to only a few, the number of droplet volumes which can be added to the droplet volume initially ejected from any particular channel. This number diminishes rapidly with increase of channel density. It follows that the number of greyscale gradations which can be achieved by this known method is limited in the achievable number of different drop volumes which can be deposited at a pixel of the printed image.

US-A-4,538,097 discloses a piezoelectric printhead having channels defined by a row of parallel piezoelectric steps which can be deformed in direct mode. Each working channel, with its two piezoelectric strips, is separated from the next by a dummy channel filled with elastomer or air and the arrangement is therefore limited as to the channel resolution that can be achieved. The printhead is not capable of producing drops of varying sizes.

GB-A-2 157 623 discloses a method of operating an ink jet apparatus to control dot size. Relatively small ink chambers have separate large piezoelectric transducers communicating with the respective chambers through a mechanical coupling including a foot and a diaphragm. It is proposed that by synchronously exciting either one or a combination of the fluids and mechanical resonant frequencies of the ink jet apparatus and by repeating this operation in an interactive or successive manner in synchronism with the dominant resonant frequency, a plurality of ink droplets can be ejected within a time period permitting the droplets to merge while airborne or upon the recording medium. It is, accordingly, an object of the present invention, to provide an improved method of greyscale printing which employs a compact drop-on-demand printer having an array of parallel channels which enables printing at high density and with a substantially greater number of greyscale gradations than has been achievable hitherto.

The present invention consists in the method of printing employing drop on demand ink jet apparatus comprising an array of parallel channels disposed side by side and having respective side walls which extend in the lengthwise direction of the channels and separate one from the next of the channels; a series of nozzles which communicate respectively with said channels for ejection of droplets of ink therefrom; connection means for connecting the channels with a source of ink and electrically actuatable means for effecting upon selection of any of said channels transverse displacement of a portion at least of a channel separating side wall of said selected channel to apply a pulse of energy to ink contained in the selected channel to effect droplet ejection therefrom; characterised by the steps of choosing the length of said channels and the dimension and location of said nozzles to afford a longitudinal acoustic resonant frequency of 25 KHz or more; selecting a channel and a tone of printing for that channel, and actuating the electrically actuatable means to apply a sequence of pulses of energy of amplitude and frequency to cause droplet ejection from the selected channel at or near the longitudinal acoustic resonant frequency to eject a

corresponding number of droplets, said number being determined by the selected tone of printing.

Suitably, said electrically actuable means effect droplet ejection from said channels by displacement of respective piezo-electric side wall portions thereof.

Preferably, where the substrate is continuously moving during printing, droplet deposition from each channel takes place over a length of said substrate which is within a printing element area traversed during printing by the channels. Suitably, droplet deposition on said substrate from each channel takes place over approximately two thirds of the pitch of the printing element areas in the direction of relative motion of the apparatus and substrate and is symmetrically disposed with respect thereto. The pitch in the direction of relative motion between the substrate and the printing apparatus of the printing element areas is suitably made equal to the ink channel pitch.

In one form, the method of the invention is practised with a printhead comprising a body of piezo-electric material in which said channels are formed and opposed channel dividing side walls of each of said channels have respective piezo-electric portions which are displaceable in shear mode by operation of said electrically actuable means to effect droplet ejection from said channel. When such a printhead is employed, according to said one form of the invention, the channels are divided into a plurality of groups of interleaved channels and droplet ejection is enabled in each group simultaneously from selected channels, the channels selected in such group being actuated in successive phases of the frequency of the applied energy pulses. In one form the channels are arranged in two groups and selected channels of said two groups are enabled for droplet ejection at intervals of half a cycle of the frequency of pulses applied by said electrically actuable means to the channels selected for droplet ejection.

Where colour printing is required, the method of the invention consists in arranging the array of channels in a set or sets of four rows of channels, the rows of each set being respectively supplied with black ink and ink of the three primary colours and disposing the rows of each set for printing a row of printing element areas extending transversely to the direction of relative motion of the array and the substrate so that each area printed can be printed in black ink or ink of one of the three primary colours.

The invention further consists in drop on demand ink jet apparatus comprising an array of parallel channels disposed side by side and having respective side walls which extend in the lengthwise direction of the channels and separate one from the next of the channels; a series of nozzles which communicate respectively with said channels for ejection of droplets of ink therefrom; connection means for connecting the channels with a source of ink and electrically actuable means for effecting upon selection of any of said channels transverse displacement of a portion at least of a channel separating side wall of said selected channel to apply a pulse of energy to ink contained in the selected channel to effect droplet ejection therefrom; characterised in that the length of said channels and the dimension and length of said nozzles are such as to afford a longitudinal acoustic resonant frequency of 25 KHz or more and that upon selection of a channel and upon selection of a tone of printing for that channel, the electrically actuable means serves to apply a sequence of pulses of energy of amplitude and frequency, to cause droplet ejection from the selected channel at or near the longitudinal acoustic resonant frequency to eject a corresponding number of droplets, said number being determined.

Suitably, said channels are formed in a body of piezo-electric material and have side wall portions poled so as to be displaceable in shear mode by the operation of said electrically actuable means.

Said channels are advantageously arranged in a plurality of groups of interleaved channels, the channels of the respective groups being disposed in repeated sequences and said electrically actuable means are adapted to cause selected channels of each group to be enabled for actuation simultaneously and to effect enabling of the groups of channels in successive intervals of duration to allow ejection of several drops from the enabled channels.

Advantageously, the channel length, channel nozzle diameter and channel density of the apparatus lie respectively in the range 10 to 1 mm, 20 to 10µm and 2 to 12 per mm. For any particular printhead apparatus, the said dimensions are chosen to provide channel resonant frequencies of above 25 KHz. Preferably, the chosen resonant frequency is in the range 50 KHz to 250 KHz.

The invention will now be described, by way of example, with reference to the accompanying drawings, in which:-

FIGURE 1 illustrates the effect of depositing in successive printing element areas, that is to say, pixels, as the print medium moves past a nozzle of a channel of a drop-on-demand ink jet printer, a variable number of ink drops between 1 and 64;

FIGURE 2 illustrates diagrammatically one embodiment of the invention; and

FIGURE 3 illustrates diagrammatically, in another embodiment of the invention, the printing of a line of printing element areas or pixels from a group of ten channels, the respective nozzles of which eject bursts of varying numbers of droplets between 1 and 64.

The method of the invention can be performed by a drop-on-demand ink jet printing apparatus comprising an array, preferably a high density array, of parallel uniformly spaced channels provided with respective droplet ejection nozzles, an ink supply common to said channels and electrically actuatable means for displacing respective piezo-electric side wall portions of said channels to effect droplet ejection from the channels. In our EP-A-0 278 590 there is described e.g. with reference to Figs. 2(a) - (d), a form of printhead in which said displaceable piezo-electric wall portions comprise the channel dividing side walls. In this case each of the channel dividing side walls is shared between the channels which it separates so that in a first of successive phases of operation it can be deflected together with the facing wall of one of the channels which it separates to eject a droplet from said one of the channels whilst in a succeeding phase of the operation the said channel dividing wall together with the facing side wall of the other of the channels which it separates can be deflected to eject a droplet from said other of the channels. The channel densities of such printheads can be from 2 to 18 per mm. Hitherto, the operation of this form of printhead has been limited to the application of a voltage waveform pulse which acts to eject a single drop of ink from the channel to which the pulse is applied. The present invention calls for droplet ejection from the channels at high frequency at or near the longitudinal acoustic resonant frequency of the channels. Accordingly the channel length and nozzle dimensions have to be chosen to that end.

Printheads of the kind described can also be employed according to this invention as greyscale and, therefore, colour printers. An acceptable range of resolution of printing element areas or pixels on a paper substrate for a printhead as described in EP-A-0 278 590 would be 6 to 12 per mm. In the area corresponding to each pixel, a variable number of droplets in the range 1 to 64 is made available as hereinafter described.

Typical values of ink drop parameters at each channel nozzle and on the paper substrate area are as follows:-

Resolution of Printhead	Pitch of Nozzles	Full 64 Droplet Volume	Single Drop Volume	Single Droplet Diameter	Droplet Frequency
1/mm	μm	pl	pl	μm	KHz
12	83	33	0.51	10	180
6	167	130	2.04	15.7	80

The full size drop volume, which forms a pool of 64 single ejected small droplets on the paper substrate is chosen to form contiguous dots at full tone.

Figure 1 shows the effect of depositing a variable number of ink droplets between 1 and 64 in successive pixels as the paper moves past the nozzle. Typically, the maximum droplet production frequency is sufficient to generate 100 droplets per pixel, so that if 64 droplets are generated, these are deposited in a line occupying approximately 2/3 of the pixel pitch "p". When smaller numbers of droplets are generated as a sequence these are deposited along correspondingly shorter lines.

From the above table of typical values and assuming there are 100 droplets able to be generated per pixel, the spacing between droplets deposited longitudinally in each pixel, for twelve pixels per mm, is 0.83 μm and for six pixels per mm is 1.67 μm . Laterally the nozzle pitch is equal to the pixel pitch. The spacing in the lines in which they are deposited of the small droplets is small compared with the diameter of the small droplets, 0.83 μm compared with 10 μm for twelve pixels per mm and 1.67 μm compared with 15.7 μm for six pixels per mm. Also, the period during which a droplet sequence is ejected, i.e.

$$\frac{64 \times 10^3}{180000} = 0.35 \text{ msec.}$$

60

for 12 pixels per mm and

$$\frac{64 \times 10^3}{90000} = 0.7 \text{ msec}$$

55

for six pixels per mm is short compared with the time, of a few milliseconds, that ink takes to be absorbed into the paper substrate.

Thus the deposited lines of ink droplets in each pixel have time to collect and spread as dots on the paper surface. The line in which the droplets from any particular nozzle are deposited has little effect on the shape but only on the diameter of the dot formed at the pixel. Figure 1 shows that the relative timing of the deposition of the lines of droplets at the pixels is chosen so that each drop sequence is deposited symmetrically with respect to the corresponding pixel. This reduces any distortion in the image which could result in contouring and inhibits any tendency to merging of the droplets deposited at adjacent pixels.

Referring now to Figure 2, there is illustrated therein a printhead 100, which is generally similar to that described in relation to Figures 2(a) to (d) of EP-A-0 278 590 the contents of which are herein incorporated by reference. The printhead 100 comprises a sheet of piezo-electric material poled in a direction normal thereto and formed with parallel channels 104 at a density of two or more per millimetre having channel dividing side walls 106. The channels 104 are each lined with a metal electrode layer (not shown). The channels which are arranged in three groups of interleaved channels with the channels of the groups disposed successively, are actuated in shear mode by applying an electric potential difference between the electrode layer of an actuated channel and the electrode layers of the channels on either side of the actuated channel. The potential difference applied is a signal of frequency at or near the longitudinal acoustic resonant frequency of the channels and is applied for the duration of a number of pulses of the signal corresponding to the number of droplets which it is desired to eject from the actuated channel. The channels are supplied with printing liquid from a common supply duct 108 connected with each channel at the end thereof opposite that at which is located a nozzle plate 107 formed with respective nozzles 109 which terminate the channels. The nozzles of each group are co-linearly disposed transversely to the direction of movement of a substrate (111), e.g. paper and the groups of nozzles are spaced in the direction of substrate movement.

Figure 2 illustrates circuitry for operating channels of one of the three channel groups. This comprises connections 110 to the electrodes of the channels of the group, like connections (not shown) being made to the electrodes of each of the channels of the other two groups.

The connections 110 lead to the channels 104 from a processor 112 which is supplied with clock pulses from a conductor 114, the pulses on which in sequence enable the connections 110 to the respective groups of channels. A further clock line conductor 116 provides the processor with clock pulses at a frequency at or near that of the longitudinal acoustic resonant frequency of the channels. Print data in the form of multi-bit words (a) instructs the processor as to which channels of the group of channels which are enabled by the pulse on the conductor 114 are to be selected for actuation, (b) activates the selected channels each with a number from 1 to 64 of pulses at the frequency supplied by way of the conductor 116, and (c) locates the pulses activating the selected channels centrally in the period during which the connections 110 of the group are enabled.

The frequency of pulses supplied by way of the conductor 114 is one-hundredth that of the pulse frequency supplied by way of conductor 116 and the period of the pulses at the frequency supplied via conductor 116 is equal to the time taken for successive pixels on the substrate to pass the channel nozzles. It will be apparent that clock line conductor 114 is not strictly necessary since the processor can be arranged to afford pulses, divided from the pulses supplied by way of conductor 116, for enabling the connections 110 to the channels of each group at a frequency of one-hundredth that of the frequency supplied by way of the conductor 116.

It will also be appreciated that at any instant during operation, an actuated channel is separated from the next nearest actuated channel by at least two inactive channels. Because of this crosstalk between channels is reduced and risk of spurious droplet ejection from inactive channels adjacent actuated channels is avoided.

The spacing, referred to above, of channel nozzles of each group in the direction of printing substrate movement compensates for the time interval between the actuation of the selected channels of the groups so that printed spots deposited at the pixels of each row thereof transverse to substrate movement appear substantially collinear.

Figure 3 illustrates diagrammatically an alternative manner in which the droplets are ejected from the nozzles of ten channels of a segment of a high density array printhead of the type described in EP-A-0 278 590, for example, with respect to Figure 2(a) to (d) thereof. The channels here are arranged in two groups of interleaved odd and even numbered channels. To activate a set of adjacent channels, the selected channels of one group are activated by applying a resonant waveform in alternating phase with the channels of the other group. Thus drops are ejected from channels of the two groups in numbers depending on the number of waveforms applied in alternating phases of the resonant waveform as the dividing walls pressurise channels of the interleaved groups alternately.

In Figure 3 the densities at pixels opposite the ten channel nozzles are for channels 1 to 10 respectively 64, 64, 60, 55, 40, 32, 17, 8, 5 and 1 droplets. A single pixel in the direction of relative motion between the printhead and paper substrate is traversed in a period which is equal to the period of 100 cycles of the resonant frequency of the channels, i.e. for the frequencies 180 KHz and 90 KHz of the table set out above of typical values; respectively, 0.55 and 1.11 msec. These times are those which it would take to emit 100 droplets from each channel. The dots in the drawing represent droplets a maximum of 64 of which are deposited from any particular channel per pixel and the actuation of the channels is preferably arranged so that the droplets deposited from any particular channel are symmetrically deposited with respect to the pixel being printed, that is to say the centre of the pixel is traversed after the elapse of fifty of the hundred cycles allocated to that pixel. The lateral pitch of the channel nozzles is made equal to the longitudinal pitch of the pixels traversed by each nozzle.

Thus in each pixel period, i.e. the period in which, if supplied to the electrodes of any particular channel, the applied voltage pulses would generate 100 droplets, the number of droplets from each channel would be between one and sixty-four in the numbers stated earlier.

The droplets are ejected from the selected odd numbered channels as a result of actuation of the channels during the positive parts of the cycles and the selected even numbered channels are actuated one half cycle following, that is to say, out of phase with, activation of the selected odd numbered channels.

Printing starts with the pixels having the maximum number, i.e. 64, of droplets which are the pixels traversed by the nozzles of channels 1 and 2 and the timing of droplet deposition proceeds as follows:-

	Cycles	Channels Depositing Drops	Cycles	Channels Depositing Drops	Cycles	Channels Depositing Drops
	0 to 18	NIL	30½	2,4	42½	2,4,6
5	19	1	31	1,3,5	43	1,3,5,7
	19½	2	31½	2,4	43½	2,4,6
	20	1	32	1,3,5	44	1,3,5,7
10	20½	2	32½	2,4	44½	2,4,6
	21	1,3	33	1,3,5	45	1,3,5,7
	21½	2	33½	2,4	45½	2,4,6
15	22	1,3	34	1,3,5	46	1,3,5,7
	22½	2	34½	2,4	46½	2,4,6
	23	1,3	35	1,3,5	47	1,3,5,7
	23½	2,4	35½	2,4,6	47½	2,4,6,8
20	24	1,3	36	1,3,5	48	1,3,5,7
	24½	2,4	36½	2,4,6	48½	2,4,6,8
	25	1,3	37	1,3,5	49	1,3,5,7,9
25	25½	2,4	37½	2,4,6	49½	2,4,6,8
	26	1,3	38	1,3,5	50	1,3,5,7,9
	26½	2,4	38½	2,4,6	50½	2,4,6,8,10
30	27	1,3	39	1,3,5	51	1,3,5,7,9
	27½	2,4	39½	2,4,6	51½	2,4,6,8
	28	1,3	40	1,3,5	52	1,3,5,7,9
	28½	2,4	40½	2,4,6	etc etc	etc etc
35	29	1,3	41	1,3,5	"	"
	29½	2,4	41½	2,4,6	"	"
40	30	1,3	42	1,3,5,7	83 to 100	NIL

It will be apparent from inspection of the above table that the band of actuated channels gradually widens and then narrows. Channel No. 1 thus deposits drops every cycle from cycle 19 to cycle 82, channel No. 2 every half cycle from cycle 19½ to 82½, channel No. 3 every cycle from cycle 21 to cycle 80, channel No. 4 every half cycle from cycle 23½ to cycle 79½, channel 5 every cycle from cycle 31 to cycle 70, channel 6 every half cycle from cycle 35½ to cycle 66½, channel 7 every cycle from cycle 42 to cycle 58, channel 8 every half cycle from cycle 47½ to 54½, channel 9 every half cycle from cycle 49 to cycle 53, and channel 10 at half cycle 50½.

By reducing the period in which a pixel is traversed and reducing the density of printing, it becomes possible to simulate the laying down of lines of varying linear density.

Although in operation of either of the described embodiments of the invention the frequency of operation, which may be in the range 25 to 250 KHz, and the small size of nozzle employed tend to ensure that the drop sequences emitted from the nozzles comprise separate drops, there may be an inclination for the first few drops of a sequence to merge. This can be avoided by applying initial sub-threshold resonant waveforms or by increasing the energy content of the first few pulses applied by the electrically operated means of the printhead to the channel selected for droplet ejection.

It is to be noted that the embodiment of Figure 3 represents a higher speed (x3) embodiment of printhead. However it is limited in the range of patterns it will print, to a maximum spatial frequency. It will print "white, black, white"; but not "black, white, black" across the row of channels. Differently expressed,

the embodiment of Figure 3 with a density of nozzles at 12 per mm. prints any pattern at spatial frequencies of and below 4 lines per mm: but is restricted in the patterns that can be printed at spatial frequency of 6 lines per mm. The embodiment of Figure 2 does not have such a restriction but operates more slowly.

Claims

1. The method of printing employing drop on demand ink jet apparatus comprising an array of parallel channels disposed side by side and having respective side walls which extend in the lengthwise direction of the channels and separate one from the next of the channels; a series of nozzles which communicate respectively with said channels for ejection of droplets of ink therefrom; connection means for connecting the channels with a source of ink and electrically actuatable means for effecting upon selection of any of said channels transverse displacement of a portion at least of a channel separating side wall of said selected channel to apply a pulse of energy to ink contained in the selected channel to effect droplet ejection therefrom; characterised by the steps of choosing the length of said channels and the dimension and location of said nozzles to afford a longitudinal acoustic resonant frequency of 25 KHz or more; selecting a channel and a tone of printing for that channel, and actuating the electrically actuatable means to apply a sequence of pulses of energy of amplitude and frequency to cause droplet ejection from the selected channel at or near the longitudinal acoustic resonant frequency to eject a corresponding number of droplets; said number being determined by the selected tone of printing.
2. The method as claimed in Claim 1, wherein said electrically actuatable means effecting droplet ejection from said channels by displacement of respective, piezo-electric side wall portions of said channels.
3. The method claimed in Claim 1 or Claim 2, and in which the substrate is moving continuously relatively to the printing apparatus, characterised by effecting droplet deposition from each channel over a length of said substrate within a printing element area traversed by said channel.
4. The method claimed in Claim 3, characterised by effecting droplet deposition on said substrate from each channel in approximately two thirds of the pitch of said printing element areas.
5. The method claimed in Claim 3 or Claim 4, characterised by enabling deposition on each printing element area from the corresponding channel of any number, up to sixty-four, of droplets.
6. The method claimed in Claim 3, Claim 4 or Claim 5, comprising the step of effecting droplet deposition on said substrate symmetrically with respect to the printing element area printed by said channel.
7. The method claimed in any one of Claims 3 to 6, comprising the step of effecting substantial equality between the pitch of the printing element areas on the substrate in said direction of relative movement and the pitch of said nozzles.
8. The method claimed in any one of the preceding claims, in which said apparatus is a printhead comprising a body of piezo-electric material in which said channels are formed and opposed channel dividing side walls of each of said channels have respective piezo-electric portions which are displaceable in shear mode by operation of said electrically actuatable means to effect droplet ejection from said channel, comprising arranging the channels in a plurality of groups of interleaved channels, enabling simultaneously in each group for droplet ejection selected channels thereof and actuating the selected channels of each group in successive phases of the frequency of said energy pulses.
9. The method claimed in Claim 8, and in which the channels are arranged in two groups, comprising the step of enabling for droplet ejection selected channels of one of said groups at an interval following enabling of selected channels of the other of said groups of a half cycle of the frequency of pulses applied by said electrically operated means to the channels selected for droplet ejection.
10. The method according to any one of Claims 1 to 8, wherein the channels are arranged in two interleaved groups of odd and even channels respectively, comprising the steps of selecting a band of adjacent channels for droplet ejection and actuating the electrically actuatable means to apply sequences

of pulses of energy to the odd channels of the band in anti-phase with sequences of pulses of energy applied to the even channels of the band to eject corresponding numbers of droplets from the odd channels in the band in anti-phase with the ejection of droplets from the even channels in the band.

- 5 11. The method according to Claim 10, comprising the further step of varying the width of the band of selected channels in successive cycles of the resonant frequency to vary the print density.
12. The method claimed in any one of Claims 1 to 7 in which said apparatus is a printhead comprising a body of piezo-electric material in which said channels are formed and opposed channel dividing side
10 walls of each of said channels have respective piezo-electric portions which are displaceable by said electrically actuable means to effect droplet ejection from said channels, characterised by arranging said channels in at least three groups of interleaved channels, each group having between successive channels a channel of each of the other groups and simultaneously enabling for droplet ejection therefrom, droplet ejection of droplets from selected channels of each group being effected in
15 successive intervals.
13. The method claimed in any one of the preceding claims wherein the channel length, channel nozzle diameter and channel density respectively lie in the ranges of 10 to 1mm, 20 to 10 μ m and 2 to 12 per mm.
20
14. The method claimed in any one of the preceding claims, wherein said frequency of pulses applied by the electrically actuated means is in the range 50 KHz to 250 KHz.
15. The method claimed in any preceding claim, comprising the step of controlling the energy content of
25 initial pulses of each of said sequences of pulses to ensure that the droplets emitted by said initial pulses are mutually separated.
16. The method claimed in Claim 1, in which the channels are arranged in a plurality of rows extending transversely to the direction of relative motion of the substrate and the apparatus and the nozzle pitch in each row is a multiple equal to the number of said rows of the pitch of said printing element areas in the direction transverse to said direction of relative motion, comprising the step of disposing the rows of channel and their nozzles so that the nozzles of one row serve to print picture element areas of a row of such areas on the substrate which are being printed which extends normal to said direction of relative motion which are interleaved with those which the nozzles of the other rows serve to print.
35
17. The method claimed in Claim 1, comprising the step of effecting each printing operation with the substrate and apparatus stationary and causing relative motion between the substrate and the apparatus between successive printing operations to move the substrate relatively to the apparatus by the pitch in said direction of relative motion of the printing element areas.
40
18. The method claimed in Claim 17, comprising the step of printing by depositing droplets from the channel nozzles in the centre of each printing element area printed.
19. The method claimed in any preceding claim, comprising the step of arranging the arrays of channels in
45 a set or sets of four rows of channels, the rows of each set being respectively supplied with black ink and ink of the three primary colours and disposing the rows of each set for printing a row of printing element areas extending transversely to the direction of relative motion of the array and the substrate so that each area printed can be printed in black ink or ink of any of the three primary colours.
20. Drop on demand ink jet apparatus comprising an array of parallel channels disposed side by side and having respective side walls which extend in the lengthwise direction of the channels and separate one from the next of the channels; a series of nozzles which communicate respectively with said channels for ejection of droplets of ink therefrom; connection means for connecting the channels with a source of ink and electrically actuable means for effecting upon selection of any of said channels transverse
50 displacement of a portion at least of a channel separating side wall of said selected channel to apply a pulse of energy to ink contained in the selected channel to effect droplet ejection therefrom; characterised in that the length of said channels and the dimension and length of said nozzles are such as to afford a longitudinal acoustic resonant frequency of 25 KHz or more and that upon selection of a
55

channel and upon selection of a tone of printing for that channel, the electrically actuable means serves to apply a sequence of pulses of energy of amplitude and frequency to cause droplet ejection from the selected channel at or near the longitudinal acoustic resonant frequency to eject a corresponding number of droplets, said number being determined by the selected tone of printing.

5

21. Apparatus as claimed in Claim 20, wherein said channels are formed in a body of piezo-electric material and have side wall portions poled so as to be displaceable by operation of said electrically actuable means.
- 10 22. Apparatus as claimed in Claim 21, wherein said side wall portions are poled so as to be displaced in shear mode by said electrically actuable means.
23. Apparatus as claimed in any one of Claims 20 to 22 wherein said channels are arranged in a plurality of groups of interleaved channels, the channels of the respective groups being disposed in repeated
15 sequences and said electrically actuable means are adapted to cause selected channels of each group to be enabled for actuation simultaneously and to effect enabling of the groups of channels in successive intervals of duration to allow ejection of several drops from the enabled channels.
24. Apparatus as claimed in Claim 23, in which all channel dividing side walls are actuable and facing
20 channel side walls are displaced by said electrically actuable means to effect droplet ejection from a channel therebetween, wherein the channels are arranged in at least three groups of interleaved channels.
25. Apparatus according to any one of Claims 20 to 23, wherein the channels are arranged in two
25 interleaved groups of odd and even channels respectively and wherein the electrically actuable means serves upon selection of a band of adjacent channels to apply sequences of pulses of energy to the odd channels of the band in anti-phase with sequences of pulses of energy applied to the even channels of the band to eject corresponding numbers of droplets from the odd channels in the band in anti-phase with the ejection of droplets from the even channels of the band.
- 30 26. Apparatus as claimed in Claim 20, in which all channel dividing side walls are displaceable and facing channel side walls are displaced by said electrically actuable means to effect droplet ejection from a channel therebetween, wherein the channels are arranged in two groups of interleaved channels and said electrically actuable means are adapted to enable simultaneously selected channels of the
35 respective groups and to enable the groups of channels in sequence, the period that channels of the groups are enabled being adequate to allow ejection of several droplets therefrom.
27. Apparatus as claimed in Claim 26, wherein said electrically actuable means are adapted to enable droplet ejection from adjacent channels at successive half cycles of the frequency of actuation pulses
40 applied to the channels.
28. Apparatus as claimed in any one of Claims 20 to 27, wherein said electrically actuable means are adapted to enable each channel for a period sufficient for ejection therefrom of up to sixty-four droplets.
- 45 29. Apparatus as claimed in any one of Claims 20 to 28, wherein the channel length, channel nozzle diameter and channel density respectively lie in the range 10 to 1mm, 20 to 10 μ m and 2 to 12 per mm.
30. Apparatus as claimed in any one of Claims 20 to 29, wherein the channels are arranged in a plurality of rows extending in operation when said apparatus is printing on printing element areas of a substrate
50 transversely to the direction of relative motion between the apparatus and the substrate and the nozzle pitch in each row is a multiple equal to the number of said rows of the pitch said printing element areas in the direction transverse to said direction of relative motion and said channels and their nozzles are disposed so that the nozzles of each row serve to print picture element areas of a row of such areas on the substrate which are being printed which extends normal to said direction of relative motion and
55 which are interleaved with those which the nozzles of the other rows serve to print.
31. Apparatus as claimed in any one of Claims 20 to 30, wherein the array of channels is arranged in a set or sets of four rows of channels, the rows of each set being adapted for the supply thereto respectively

of black ink and ink of one of the three primary colours, and the nozzles of the rows of each set are disposed to enable printing of printing element areas by any channel of said set in black ink or ink of any one of the three primary colours.

6 Patentansprüche

1. Verfahren zum Drucken unter Verwendung einer Tröpfchen auf Anforderung abgebenden Tintenstrahl-
vorrichtung mit einer Anordnung paralleler Kanäle, die Seite an Seite angeordnet sind und jeweilige
Seitenwände haben, die sich in Längsrichtung der Kanäle erstrecken und einen Kanal von dem
nächstliegenden trennen; mit einer Reihe von Düsen, die jeweils mit den Kanälen in Verbindung stehen,
um die Tintentröpfchen daraus auszustoßen; mit Verbindungseinrichtungen zur Verbindung der Kanäle
mit einem Tintentank bzw. einer Tintenquelle und mit elektrisch betätigbaren Einrichtungen, um nach
der Auswahl irgendeines der Kanäle transversale Lageänderungen eines Abschnitts wenigstens einer
einen Kanal trennenden Seitenwand des ausgewählten Kanals zu bewirken, um einen Energiepuls auf
die Tinte zu übertragen, die in dem ausgewählten Kanal beinhaltet ist, um daraus einen Tröpfchen-
Ausstoß zu bewirken; **gekennzeichnet** durch die Schritte der Wahl der Länge der Kanäle und der
Abmessung und Position der Düsen, um eine longitudinale akustische Resonanzfrequenz von 25 kHz
oder mehr zu gewährleisten, des Auswählens eines Kanals und eines Drucktonwertes für diesen Kanal
und Betätigung der elektrisch betätigbaren Einrichtungen, um eine Energiepulsfolge einer Amplitude und
Frequenz anzulegen, um einen Tröpfchen-Ausstoß von dem ausgewählten Kanal bei oder nahe bei der
longitudinalen akustischen Resonanzfrequenz zu bewirken, um eine entsprechende Anzahl von Tröpf-
chen auszustoßen, wobei die Anzahl durch den gewählten Drucktonwert bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem die elektrisch betätigbaren Einrichtungen ein Tröpfchen-
Ausstoß aus den Kanälen durch Lageänderung entsprechender piezoelektrischer Seitenwandabschnitte
der Kanäle bewirken.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem das Trägermaterial sich kontinuierlich relativ zu der
Druckvorrichtung bewegt; dadurch **gekennzeichnet**, daß ein Tröpfchen-Auftrag von jedem Kanal über
eine Länge des Trägermaterials innerhalb eines Druckelementbereichs bewirkt wird, der von dem Kanal
überquert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **gekennzeichnet** durch die Bewirkung eines Tröpfchen-Auftrags auf dem
Trägermaterial von jedem Kanal in etwa zwei Dritteln der Teilung der Druckelementbereiche.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß ein Auftrag auf jedem Druckele-
mentbereich von dem entsprechenden Kanal in beliebiger Tröpfchen-Anzahl, bis zu 64, ermöglicht
wird.
6. Verfahren nach Anspruch 3, Anspruch 4 oder 5, das den Schritt aufweist, einen Tröpfchen-Auftrag auf
dem Trägermaterial symmetrisch in bezug auf den Druckelementbereich zu bewirken, der durch den
Kanal bedruckt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, das den Schritt aufweist, eine wesentliche Gleichheit
zwischen der Teilung der Druckelementbereiche auf dem Trägermaterial in der Richtung der Relativbe-
wegung und der Teilung der Düsen zu bewirken.
8. Verfahren nach irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Vorrichtung ein Druck-
kopf ist, der einen Körper aus piezoelektrischem Material aufweist, in welches die Kanäle geformt sind,
und bei welchem gegenüberliegend den Kanal abtrennende Seitenwände eines jeden der Kanäle
jeweilige piezoelektrische Abschnitte haben, die im Schermodus in ihrer Lage durch die Betätigung der
elektrisch betätigbaren Einrichtung veränderbar sind, um einen Tröpfchen-Ausstoß von dem Kanal zu
bewirken, und das die Anordnung der Kanäle in einer Vielzahl von Gruppen überlappender Kanäle
aufweist und wonach in jeder Gruppe zum Tröpfchen-Ausstoß gleichzeitig daraus ausgewählte Kanäle
freigegeben werden und wonach die gewählten Kanäle einer jeden Gruppe in aufeinanderfolgenden
Phasen der Frequenz der Energiepulse betätigt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei welchem die Kanäle in zwei Gruppen angeordnet sind, das den Schritt aufweist, zum Tröpfchen-Ausstoß ausgewählte Kanäle aus einer der Gruppen in einem Intervall freizugeben, das der Freigabe ausgewählter Kanäle der anderen Gruppe für eine halbe Periode der Frequenz der Pulse folgt, die durch die elektrisch betätigten Einrichtungen an die für den Tröpfchen-Ausstoß ausgewählten Kanäle angelegt werden.
10. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 8, bei welchem die Kanäle in zwei sich überlappenden Gruppen gerader bzw. ungerader Kanäle angeordnet sind, das die Schritte aufweist, ein Band benachbarter Kanäle zum Tröpfchen-Ausstoß auszuwählen und die elektrisch betätigbaren Einrichtungen zu betätigen, um Energiepulsfolgen auf die ungeraden Kanäle des Bandes in entgegengesetzter Phase zu den Energiepulsfolgen anzulegen, die an die geraden Kanäle des Bandes angelegt werden, um eine entsprechende Anzahl von Tröpfchen aus den ungeraden Kanälen in dem Band in entgegengesetzter Phase zu dem Ausstoß der Tröpfchen von den geraden Kanälen in dem Band auszustoßen.
11. Verfahren nach Anspruch 10, das den weiteren Schritt einer Variation der Breite des Bandes der ausgewählten Kanäle in aufeinanderfolgenden Perioden der Resonanzfrequenz aufweist, um die Druckdichte zu variieren.
12. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 7, bei welchem die besagte Vorrichtung ein Druckkopf ist, der einen Körper eines piezoelektrischen Materials aufweist, in dem die Kanäle geformt sind und bei welchem gegenüberliegende, den Kanal abtrennende Seitenwände eines jeden der Kanäle entsprechende piezoelektrische Abschnitte haben, die in ihrer Lage durch die elektrisch betätigbaren Einrichtungen veränderbar sind, um einen Tröpfchen-Ausstoß aus den Kanälen zu bewirken, gekennzeichnet durch die Anordnung der Kanäle in wenigstens drei Gruppen überlappender Kanäle, wobei jede Gruppe zwischen aufeinanderfolgenden Kanälen einen Kanal einer jeden der anderen Gruppen hat, durch gleichzeitiges Freigeben zum Tröpfchen-Ausstoß daraus, wobei ein Tröpfchen-Ausstoß von Tröpfchen von ausgewählten Kanälen einer jeden Gruppe in aufeinanderfolgenden Intervallen bewirkt wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Kanallänge, der Kanaldüsendurchmesser bzw. die Kanaldichte in einem Bereich von 10 bis 1 mm, 20 bis 10 μm bzw. 2 bis 12 pro mm liegen.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Pulsfrequenz, die durch die elektrisch betätigbaren Einrichtungen angelegt wird, sich in einem Bereich von 50 kHz bis 250 kHz befindet.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das den Schritt aufweist, den Energieinhalt der Anfangsimpulse eines jeden der Pulsfolgen zu steuern, um zu gewährleisten, daß die emittierten Tröpfchen durch die Anfangspulse voneinander getrennt sind.
16. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem die Kanäle in einer Vielzahl von Reihen angeordnet sind, die sich transversal zu der Richtung der relativen Bewegung des Trägermaterials und der Vorrichtung erstrecken und bei welchem die Düsenteilung in jeder Reihe ein Vielfaches ist, das gleich der Anzahl der Reihen der Teilung der Druckelementbereiche in der Richtung transversal zu der Richtung der Relativbewegung ist, das den Schritt aufweist, die Kanäle und ihre Düsen so anzuordnen, daß die Düsen einer Reihe dazu dienen, Bildelementbereiche einer Reihe solcher Bereiche auf dem Trägermaterial zu drucken, die bedruckt werden, die sich normal zu der Richtung relativer Bewegung erstrecken und die sich mit jenen überlappen, für die die Düsen der anderen Reihen zum Drucken dienen.
17. Verfahren nach Anspruch 1, das den Schritt aufweist, jede Druckoperation bei ruhendem Trägermaterial und ruhender Vorrichtung zu bewirken und eine relative Bewegung zwischen dem Trägermaterial und der Vorrichtung zwischen aufeinanderfolgenden Druckoperationen zu bewirken, um das Trägermaterial relativ zu der Vorrichtung um die Teilung in die Richtung der Relativbewegung der Druckelementbereiche zu bewegen.
18. Verfahren nach Anspruch 17, das den Schritt aufweist, durch das Auftragen von Tröpfchen aus den Kanaldüsen in der Mitte eines jeden Druckelementbereiches, der bedruckt wird, zu drucken.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das den Schritt aufweist, die Anordnungen von Kanälen in einem Satz oder Sätzen von vier Reihen von Kanälen anzuordnen, wobei die Reihen eines jeden Satzes jeweils mit schwarzer Tinte bzw. Tinte der drei Primärfarben versorgt werden und die Reihen eines jeden Satzes angeordnet werden, um eine Reihe von Druckelementbereichen zu drucken, die sich transversal zu der Richtung der Relativbewegung der Anordnung und des Trägermaterials erstrecken, so daß jeder Bereich, der gedruckt wird, in schwarzer Tinte oder Tinte irgendeines der drei Primärfarben gedruckt wird.
20. Tintenstrahlvorrichtung, die Tröpfchen auf Anforderung abgibt, mit einer Anordnung paralleler Kanäle, die Seite an Seite angeordnet sind, und die entsprechende Seitenwände haben, die sich in Längsrichtung der Kanäle erstrecken und einen von den nächsten der Kanäle trennen; mit einer Reihe von Düsen, die entsprechend mit den Kanälen zum Ausstoß von Tintentröpfchen davon in Verbindung stehen; mit Verbindungseinrichtungen zur Verbindung der Kanäle mit einer Tintenquelle und elektrisch betätigbare Einrichtungen, um nach der Wahl eines jeden der Kanäle eine transversale Lageänderung eines Teils wenigstens einer den Kanal abtrennenden Seitenwand des gewählten Kanals zu bewirken, um einen Energiepuls auf die Tinte zu übertragen, die in dem ausgewählten Kanal beinhaltet ist, um einen Tröpfchenausstoß daraus zu bewirken; dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Kanäle und die Abmessung und die Länge der Düsen so sind, daß sie eine longitudinale akustische Resonanzfrequenz von 25 kHz und mehr gewährleisten und daß nach der Wahl eines Kanals und nach der Wahl eines Drucktonwertes für diesen Kanal die elektrisch betätigbaren Einrichtungen zum Anlegen einer Energiepulsfolge einer Amplitude und Frequenz dienen, um einen Tröpfchen-Ausstoß von dem gewählten Kanal bei oder nahe bei der longitudinalen akustischen Resonanzfrequenz zu bewirken, um eine entsprechende Anzahl von Tröpfchen auszustoßen, wobei die Anzahl durch den gewählten Drucktonwert bestimmt wird.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, bei welcher die Kanäle in einem Körper piezoelektrischen Materials geformt sind und bei welcher die Seitenwandabschnitte so gepolt sind, daß sie in ihrer Lage durch die Betätigung der elektrisch betätigbaren Einrichtungen veränderbar sind.
22. Vorrichtung nach Anspruch 21, bei welcher die Seitenwandabschnitte so gepolt sind, daß sie im Schermodus durch die elektrisch betätigbaren Einrichtungen in ihrer Lage verändert werden.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 22, bei welcher die Kanäle in einer Vielzahl von Gruppen sich überlappenden Kanäle angeordnet sind, wobei die Kanäle der entsprechenden Gruppen in wiederholten Folgen angeordnet sind und die elektrisch betätigbaren Einrichtungen eingerichtet sind, um zu bewirken, daß die gewählten Kanäle einer jeden Gruppe zur Betätigung gleichzeitig freigegeben werden und um die Freigabe der Gruppen von Kanälen in aufeinanderfolgenden Intervallen von Zeitdauern zu bewirken, um den Ausstoß mehrerer Tropfen von den freigegebenen Kanälen zu ermöglichen.
24. Vorrichtung nach Anspruch 23, bei welcher alle einen Kanal abtrennende Seitenwände betätigbar sind und sich gegenüberliegende Kanalseitenwände durch elektrisch betätigbare Einrichtungen in ihrer Lage verändert werden, um einen Tröpfchen-Ausstoß von einem dazwischenliegenden Kanal zu bewirken, und bei welcher die Kanäle in wenigstens drei Gruppen überlappenden Kanäle angeordnet sind.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 23, bei welcher die Kanäle in zwei überlappenden Gruppen ungerader bzw. gerader Kanäle angeordnet sind und bei welcher die elektrisch betätigbaren Einrichtungen nach der Wahl eines Bandes benachbarter Kanäle zum Anlegen einer Energiepulsfolge an die ungeraden Kanäle des Bandes gegenphasig zu der Energiepulsfolge dienen, die an die geraden Kanäle des Bandes angelegt werden, um eine entsprechende Anzahl von Tröpfchen von den ungeraden Kanälen in dem Band gegenphasig zu der Ausstoß von Tröpfchen von den geraden Kanälen des Bandes auszustoßen.
26. Vorrichtung nach Anspruch 20, bei welcher alle einen Kanal abtrennende Seitenwände in ihrer Lage veränderbar sind und sich gegenüberliegende Kanalseitenwände durch die elektrisch betätigbaren Einrichtungen in ihrer Lage verändert werden, um einen Tröpfchen-Ausstoß von einem dazwischenliegenden Kanal zu bewirken, bei welcher die Kanäle in zwei Gruppen überlappenden Kanäle angeordnet sind und die elektrisch betätigbaren Mittel eingerichtet sind, um gleichzeitig gewählte Kanäle der

entsprechenden Gruppen freizugeben und um die Gruppen der Kanäle in Folge freizugeben, wobei die Periode, in der die Kanäle der Gruppen freigegeben werden, angemessen ist, um den Ausstoß mehrerer Tröpfchen davon zu ermöglichen.

- 5 27. Vorrichtung nach Anspruch 26, bei welcher die elektrisch betätigbaren Einrichtungen eingerichtet sind, um einen Tröpfchen-Ausstoß von den benachbarten Kanälen in aufeinanderfolgenden Halbperioden der Frequenz der Betätigungspulse zu ermöglichen, die an die Kanäle angelegt werden.
- 10 28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 27, bei welcher die elektrisch betätigbaren Einrichtungen eingerichtet sind, um jeden Kanal für eine Periode freizugeben, die ausreichend zum Ausstoß von bis zu 64 Tröpfchen daraus ist.
- 15 29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 28, bei welcher die Kanallänge, der Kanaldüsendurchmesser bzw. die Kanaldichte in einem Bereich von 10 bis 1 mm, 20 bis 10 µm bzw. 2 bis 12 pro mm liegen.
- 20 30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 29, bei welcher die Kanäle in einer Vielzahl von Reihen angeordnet sind, die sich im Betrieb, wenn die Vorrichtung auf Druckelementbereiche eines Trägermaterials druckt, transversal zu der Richtung der Relativbewegung zwischen der Vorrichtung und dem Trägermaterial erstreckt und bei welcher die Düsenteilung in jeder Reihe ein Vielfaches ist, das gleich der Anzahl der Reihen der Teilung der Druckelementbereiche in der Richtung transversal zu der Richtung der Relativbewegung ist und bei welcher die Kanäle und ihre Düsen so angeordnet sind, daß die Düsen einer jeden Reihe dazu dient, die Bildelementbereiche einer Reihe solcher Bereiche auf dem Trägermaterial zu drucken, die bedruckt werden, die sich normal zu der Richtung der Relativbewegung erstrecken und die mit jenen überlappen, für die die Düsen der anderen Reihen zum Drucken dienen.
- 25 31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 30, bei welcher die Anordnung der Kanäle in einem Satz oder Sätzen von vier Reihen von Kanälen angeordnet ist, wobei die Reihen eines jeden Satzes für deren Versorgung entsprechend mit schwarzer Tinte bzw. Tinte einer der drei Primärfarben eingerichtet ist, und die Düsen der Reihen eines jeden Satzes angeordnet sind, um das Drucken der Druckelementbereiche durch irgendeinen Kanal des Satzes in schwarzer Tinte oder Tinte eines der drei Primärfarben freizugeben.
- 30

Revendications

- 35 1. Méthode d'impression employant un appareil à jet d'encre à goutte sur demande comprenant une série de canaux parallèles disposés côte à côte et ayant des parois latérales respectives qui s'étendent dans la direction longitudinale des canaux et séparent un canal du suivant des canaux ; une série de buses qui communiquent respectivement avec lesdits canaux pour éjecter des gouttelettes d'encre à partir de ces canaux ; des moyens de connexion pour connecter les canaux à une source d'encre ; et des moyens commandés électriquement pour effectuer, lors de la sélection d'un quelconque desdits canaux, un déplacement transversal d'une partie au moins d'une paroi latérale de séparation de canal dudit canal choisi, afin d'appliquer une impulsion d'énergie à l'encre contenue dans le canal choisi pour effectuer une éjection de gouttelette à partir de ce canal ; caractérisée par les étapes de choix de la longueur desdits canaux et de la dimension et de la position desdites buses de manière à obtenir une fréquence de résonance acoustique longitudinale de 25 kHz ou plus ; sélection d'un canal et d'un ton d'impression pour ce canal ; et excitation des moyens commandés électriquement pour appliquer une séquence d'impulsions d'énergie d'amplitude et de fréquence provoquant l'éjection de gouttelettes à partir du canal choisi, à la fréquence de résonance acoustique longitudinale ou près de celle-ci, de manière à éjecter un nombre correspondant de gouttelettes, ledit nombre étant déterminé par le ton d'impression choisi.
- 40 2. Méthode suivant la revendication 1, dans laquelle lesdits moyens commandés électriquement effectuent l'éjection de gouttelettes à partir desdits canaux par déplacement de parties de parois latérales piézoélectriques respectives desdits canaux.
- 45 3. Méthode suivant la revendication 1 ou la revendication 2 et dans laquelle le substrat se déplace continuellement par rapport à l'appareil d'impression, caractérisée en ce qu'on effectue le dépôt de
- 50
- 55

gouttelettes à partir de chaque canal sur une longueur dudit substrat à l'intérieur d'une région élémentaire d'impression parcourue par ledit canal.

4. Méthode suivant la revendication 3, caractérisée en ce qu'on effectue le dépôt de gouttelettes sur ledit substrat à partir de chaque canal approximativement sur les deux tiers du pas desdites régions élémentaires d'impression.
5. Méthode suivant la revendication 3 ou la revendication 4, caractérisée en ce qu'on effectue le dépôt sur chaque région élémentaire d'impression, à partir du canal correspondant, d'un nombre quelconque de gouttelettes pouvant atteindre 64.
6. Méthode suivant la revendication 3, 4 ou 5, comprenant l'étape d'exécution du dépôt de gouttelettes sur ledit substrat symétriquement par rapport à la région élémentaire d'impression imprimée par ledit canal.
7. Méthode suivant une quelconque des revendications 3 à 6, comprenant l'étape d'obtention d'une égalité substantielle entre le pas des régions élémentaires d'impression sur le substrat dans ladite direction de mouvement relatif et le pas desdites buses.
8. Méthode suivant une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle ledit appareil est une tête d'impression comprenant un corps de matière piézoélectrique dans lequel lesdits canaux sont formés et les parois latérales de séparation de canal opposées de chacun desdits canaux comportent des parties piézoélectriques respectives qui sont déplaçables en mode de cisaillement par excitation desdits moyens commandés électriquement, pour effectuer l'éjection de gouttelettes à partir dudit canal, qui comprend l'agencement des canaux en une pluralité de groupes de canaux imbriqués, l'activation simultanée dans chaque groupe pour l'éjection de gouttelettes de canaux choisis de ce groupe, et l'activation des canaux choisis de chaque groupe dans des phases successives de la fréquence desdites impulsions d'énergie.
9. Méthode suivant la revendication 8, et dans laquelle les canaux sont agencés en deux groupes, comprenant l'étape d'activation, pour éjection de gouttelettes, de canaux choisis d'un desdits groupes à un intervalle, après l'activation de canaux choisis de l'autre desdits groupes, d'un demi-cycle de la fréquence des impulsions appliquées par lesdits moyens commandés électriquement aux canaux choisis pour l'éjection de gouttelettes.
10. Méthode suivant une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle les canaux sont agencés en deux groupes imbriqués de canaux impairs et pairs respectivement, comprenant les étapes de sélection d'une bande de canaux adjacents pour l'éjection de gouttelettes et d'excitation des moyens commandés électriquement pour appliquer des séquences d'impulsions d'énergie aux canaux impairs de la bande en opposition de phase avec les séquences d'impulsions d'énergie appliquées aux canaux pairs de la bande, afin d'éjecter des nombres correspondants de gouttelettes à partir des canaux impairs de la bande en opposition de phase avec l'éjection de gouttelettes à partir des canaux pairs de la bande.
11. Méthode suivant la revendication 10, comprenant l'étape supplémentaire de variation de la largeur de la bande de canaux choisis dans des cycles successifs de la fréquence de résonance, pour faire varier la densité d'impression.
12. Méthode suivant une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle ledit appareil est une tête d'impression comprenant un corps de matière piézoélectrique dans lequel sont formés lesdits canaux, et les parois latérales de séparation de canal opposées de chacun desdits canaux comportent des parties piézoélectriques respectives qui sont déplaçables par lesdits moyens commandés électriquement pour effectuer une éjection de gouttelettes à partir desdits canaux, caractérisée en ce qu'on agence lesdits canaux en au moins trois groupes de canaux imbriqués, chaque groupe ayant, entre des canaux successifs, un canal de chacun des autres groupes, et on les excite simultanément pour l'éjection de gouttelettes à partir de ces canaux, l'éjection de gouttelettes à partir des canaux choisis de chaque groupe étant effectuée dans des intervalles de temps successifs.

13. Méthode suivant une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la longueur de canal, le diamètre des buses des canaux et la densité des canaux sont respectivement compris dans les plages de 10 à 1 mm, 20 à 10 μ m et 2 à 12 canaux par mm.
- 5 14. Méthode suivant une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle ladite fréquence des impulsions appliquées par les moyens commandés électriquement est dans la plage de 50 kHz à 250 kHz.
- 10 15. Méthode suivant une quelconque des revendications précédentes, comprenant l'étape de réglage de l'énergie des impulsions initiales de chacune desdites séquences d'impulsions de manière à assurer que les gouttelettes émises par lesdites impulsions initiales soient mutuellement séparées.
- 15 16. Méthode suivant la revendication 1, dans laquelle les canaux sont agencés en une pluralité de rangées s'étendant transversalement à la direction de mouvement relatif du substrat et de l'appareil, et le pas des buses dans chaque rangée est un multiple, égal au nombre desdites rangées, du pas desdites régions élémentaires d'impression dans la direction transversale à la dite direction de mouvement relatif, comprenant l'étape de disposition des rangées de canaux et de leurs buses de sorte que les buses d'une rangée servent à imprimer des régions élémentaires d'image d'une rangée de telles régions sur le substrat qui sont encours d'impression, qui s'étend perpendiculairement à ladite direction de mouvement relatif, qui sont imbriquées avec celles que les buses des autres rangées servent à imprimer.
- 20 17. Méthode suivant la revendication 1, comprenant l'étape d'exécution de chaque opération d'impression avec le substrat et l'appareil immobiles et de génération d'un mouvement relatif entre le substrat et l'appareil entre des opérations d'impression successives, de manière à déplacer le substrat par rapport à l'appareil d'une quantité égale au pas dans ladite direction de mouvement relatif des régions élémentaires d'impression.
- 25 18. Méthode suivant la revendication 17, comprenant l'étape d'impression par dépôt de gouttelettes à partir des buses des canaux, au centre de chaque région élémentaire d'impression qui est imprimée.
- 30 19. Méthode suivant une quelconque des revendications précédentes, comprenant l'étape d'agencement des séries de canaux en un ou plusieurs ensembles de quatre rangées de canaux, les rangées de chaque ensemble étant respectivement alimentées en encre noire et en encre des trois couleurs primaires, et de disposition des rangées de chaque ensemble pour imprimer une rangée de régions élémentaires d'impression s'étendant transversalement à la direction de mouvement relatif de la série de canaux et du substrat de sorte que chaque région imprimée peut être imprimée en encre noire ou en encre d'une quelconque des trois couleurs primaires.
- 35 20. Appareil à jet d'encre à goutte sur demande comprenant une série de canaux parallèles disposés côte à côte et ayant des parois latérales respectives qui s'étendent dans la direction longitudinale des canaux et séparent un canal du suivant des canaux ; une série de buses qui communiquent respectivement avec les dits canaux pour l'éjection de gouttelettes d'encre à partir de ces canaux ; des moyens de connexion pour connecter les canaux à une source d'encre ; et des moyens commandés électriquement pour effectuer, lors de la sélection d'un quelconque desdits canaux, un déplacement transversal d'une partie au moins d'une paroi latérale de séparation de canal dudit canal choisi, afin d'appliquer une impulsion d'énergie à l'encre contenue dans le canal choisi pour effectuer une éjection de gouttelette à partir de ce canal ; caractérisé en ce que la longueur desdits canaux et la dimension et la position desdites buses sont telles qu'on obtient une fréquence de résonance acoustique longitudinale de 25 kHz ou plus, et en ce que, lors de la sélection d'un canal et de la sélection d'un ton d'impression pour ce canal, les moyens commandés électriquement servent à appliquer une séquence d'impulsions d'énergie d'amplitude et de fréquence provoquant l'éjection de gouttelettes à partir du canal choisi, à la fréquence de résonance acoustique longitudinale ou au voisinage de celle-ci, afin d'éjecter un nombre correspondant de gouttelettes, ce nombre étant déterminé par le ton d'impression choisi.
- 40 45 50 55 21. Appareil suivant la revendication 20, dans lequel lesdits canaux sont formés dans un corps de matière piézoélectrique et comportent des parties de parois latérales polarisées de façon à être déplaçables

par l'excitation desdits moyens commandés électriquement.

22. Appareil suivant la revendication 21, dans lequel lesdites parties de parois latérales sont polarisées de manière à être déplacées en mode de cisaillement par lesdits moyens commandés électriquement.
23. Appareil suivant une quelconque des revendications 20 à 22, dans lequel lesdits canaux sont agencés en une pluralité de groupes de canaux imbriqués, les canaux des groupes respectifs étant disposés en séquences répétées, et lesdits moyens commandés électriquement peuvent effectuer l'activation simultanée de canaux choisis de chaque groupe et effectuer l'activation des groupes de canaux dans des intervalles de temps successifs pour permettre l'éjection de plusieurs gouttes à partir des canaux activés.
24. Appareil suivant la revendication 23, dans lequel toutes les parois latérales de séparation de canal sont actionnables et les parois latérales de canal opposées sont déplacées par lesdits moyens commandés électriquement pour effectuer l'éjection de gouttelettes à partir d'un canal défini entre ces parois, les canaux étant agencés en au moins trois groupes de canaux imbriqués.
25. Appareil suivant une quelconque des revendications 20 à 23, dans lequel les canaux sont agencés en deux groupes imbriqués de canaux impairs et pairs respectivement, et dans lequel les moyens commandés électriquement servent, lors de la sélection d'une bande de canaux adjacents, à appliquer des séquences d'impulsions d'énergie aux canaux impairs de la bande en opposition de phase avec les séquences d'impulsions d'énergie appliquées aux canaux pairs de la bande, afin d'éjecter des nombres correspondants de gouttelettes à partir des canaux impairs de la bande en opposition de phase avec l'éjection de gouttelettes à partir des canaux pairs de la bande.
26. Appareil suivant la revendication 20, dans lequel toutes les parois latérales de séparation de canal sont déplaçables et les parois latérales de canal opposées sont déplacées par lesdits moyens commandés électriquement pour effectuer l'éjection de gouttelettes à partir d'un canal défini entre ces parois, dans lequel les canaux sont agencés en deux groupes de canaux imbriqués et lesdits moyens commandés électriquement sont prévus pour activer simultanément des canaux choisis des groupes respectifs et pour activer les groupes de canaux en séquence, la période pendant laquelle les canaux des groupes sont activés convenant pour permettre l'éjection de plusieurs gouttelettes à partir de ces canaux.
27. Appareil suivant la revendication 26, dans lequel lesdits moyens commandés électriquement sont prévus pour permettre l'éjection de gouttelettes à partir de canaux adjacents à des demi-cycles successifs de la fréquence des impulsions d'excitation appliquées aux canaux.
28. Appareil suivant une quelconque des revendications 20 à 27, dans lequel lesdits moyens commandés électriquement sont prévus pour activer chaque canal pendant une période suffisante pour l'éjection d'un nombre de gouttelettes pouvant atteindre 64 à partir de ce canal.
29. Appareil suivant une quelconque des revendications 20 à 28, dans lequel la longueur de canal, le diamètre des buses des canaux et la densité des canaux sont respectivement dans les plages de 10 à 1 mm, 20 à 10 μ m et 2 à 12 canaux par mm.
30. Appareil suivant une quelconque des revendications 20 à 29, dans lequel les canaux sont agencés en une pluralité de rangées s'étendant en fonctionnement, lorsque ledit appareil est en cours d'impression sur des régions élémentaires d'impression d'un substrat, transversalement à la direction de mouvement relatif entre l'appareil et le substrat, et le pas des buses dans chaque rangée est un multiple, égal au nombre desdites rangées, du pas desdites régions élémentaires d'impression dans la direction transversale à ladite direction de mouvement relatif, et lesdits canaux et leurs buses sont disposés de sorte que les buses de chaque rangée servent à imprimer les régions élémentaires d'image d'une rangée de ces régions sur le substrat en cours d'impression, qui s'étend perpendiculairement à ladite direction de mouvement relatif, et qui sont imbriquées avec celles que les buses des autres rangées servent à imprimer.
31. Appareil suivant une quelconque des revendications 20 à 30, dans lequel la série de canaux est agencée en un ou plusieurs ensembles de quatre rangées de canaux, les rangées de chaque ensemble

pouvant être alimentées respectivement en encre noire et en encre d'une des trois couleurs primaires, et les buses des rangées de chaque ensemble sont disposées de manière à permettre l'impression de régions élémentaires d'impression par un canal quelconque dudit ensemble en encre noire ou en encre d'une quelconque des trois couleurs principales.

5

10

15

20

25

30

35

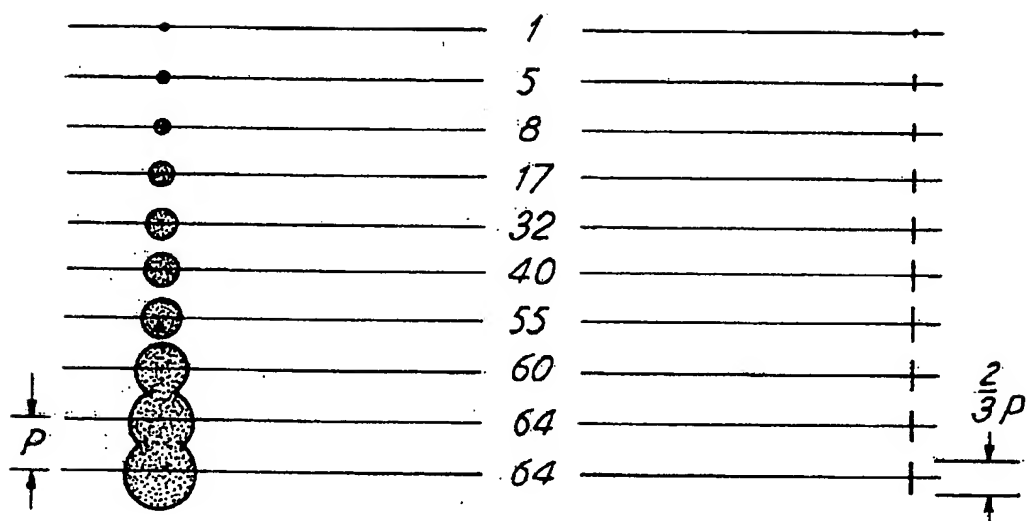
40

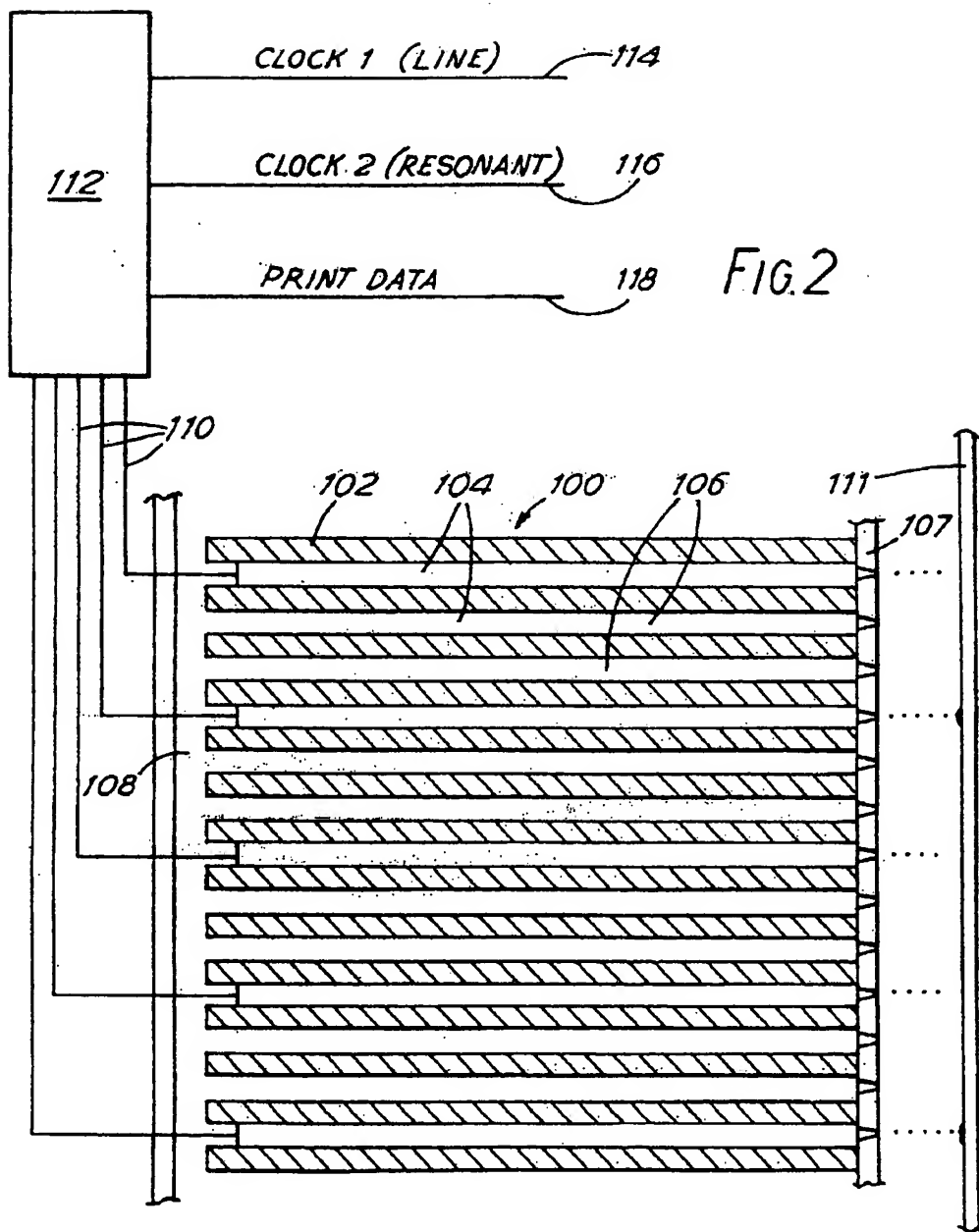
45

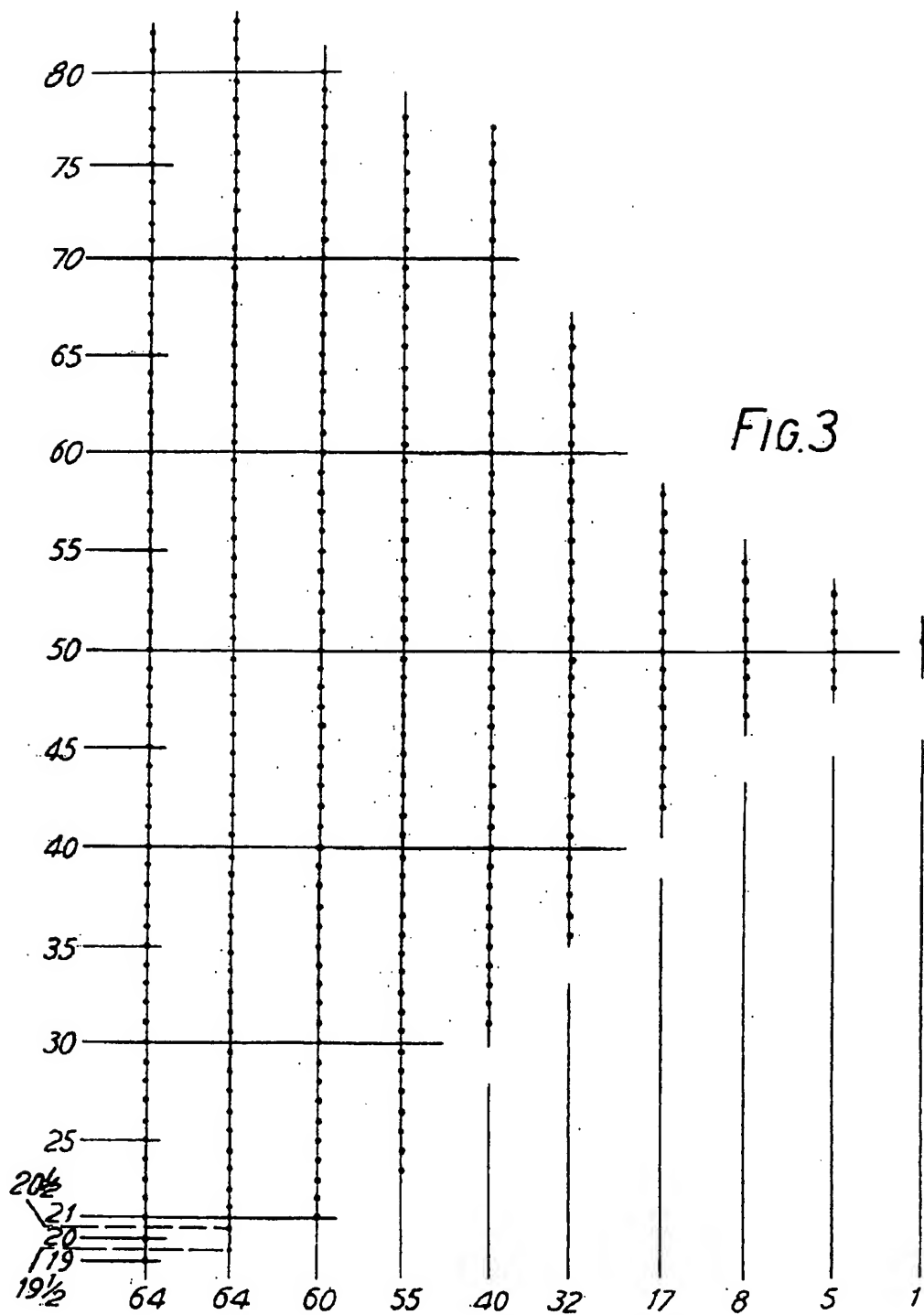
50

55

FIG. 1







**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.